

Пагорный Владимир Александрович, Белый Иван Сергеевич

КВАДРАТУРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИПЛЕКСОРА

В данной работе был собран и исследован квадратурный преобразователь частоты на основе мультиплексора P5T3253. Получены квадратурные составляющие на выходе схемы.

Квадратурный преобразователь частоты, мультиплексор, квадратурные составляющие.

Nagornyi Vladimir Alexandrovich, Belyi Ivan Sergeevich

QUADRATURE FREQUENCY CONVERTER BASED ON A MULTIPLEXER

In this work, a quadrature frequency converter based on the FST3253 multiplexer was assembled and investigated. The quadrature components at the output of the circuit are obtained.

Quadrature frequency converter, multiplexer, quadrature components.

Введение

Преобразователь частоты – это устройство, которое переносит частоту сигнала вдоль частотной оси при сохранении его структуры. Устройство может переносить спектр сигнала с несущей в нулевую частоту, то есть формировать комплексную огибающую, вещественной частью которой является синфазная составляющая, а мнимой – квадратурная [6 – 10].

Основная часть

1. Рассмотреть двойную балансную схему детектора Тейло

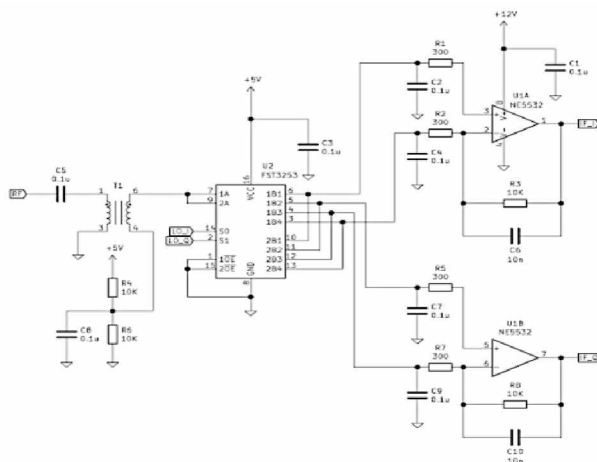


Рис. 1. Принципиальная схема детектора Тейло [1 – 2]

2. Изготовление трансформатора для реализации схемы

Для реализации данной схемы необходимо было выполнить изготовление трансформатора с общей точкой.

Трансформатор состоит из 30 витков на первичной обмотке и по 15 витков на вторичной. Чтобы убедиться в работоспособности данной конструкции рассмотрели сигналы на выходах обмотки на частоте 500 кГц.

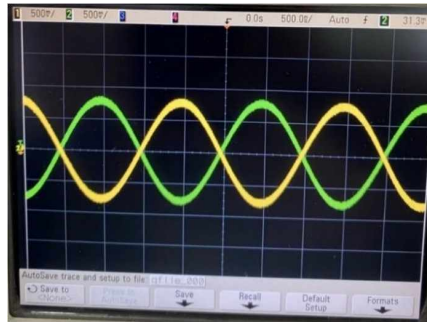


Рис. 2. Сигналы на выходах трансформатора

Из осциллограммы видим, что сигналы имеют одинаковую амплитуду и находятся в противофазе, следовательно трансформатор работает правильно.

3. Создание управляющих импульсов с помощью Raspberry Pi Pico

Для этого написан код на языке программирования Python, который формирует необходимые логические уровни на нужных входах микросхемы и устанавливает правильный сдвиг по фазе управляющих импульсов (90°) [4].

```
PWM_CHAN_REGS[n1].CSR_BF.DIVMODE = 0
PWM_CHAN_REGS[n1].CSR_BF.PH_RET = 0
PWM_CHAN_REGS[n1].CSR_BF.PH_ADV = 0
PWM_CHAN_REGS[n1].DIV_BF.INT = 5
PWM_CHAN_REGS[n1].DIV_BF.FRAC = 0
PWM_CHAN_REGS[n1].CC_BF.A = 6
PWM_CHAN_REGS[n1].CC_BF.B = 6
PWM_CHAN_REGS[n1].TCP_BF.TOP = 11
PWM_CHAN_REGS[n2].CSR_BF.DIVMODE = 0
PWM_CHAN_REGS[n2].CSR_BF.PH_RET = 0
PWM_CHAN_REGS[n2].CSR_BF.PH_ADV = 0
PWM_CHAN_REGS[n2].DIV_BF.INT = 5
```

Из приведенной части кода для регулирования частоты импульсов изменялись регистры DIV_BF.INT [3], а для определения их скважности рассматриваются соотношения CC_BF [3] и TOP_BF.TOP [3].

4. Сборка схемы и анализ полученных результатов

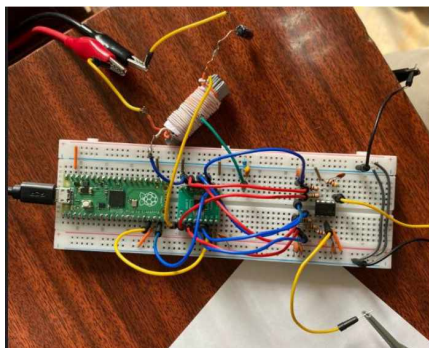


Рис. 3. Собранная схема

Проанализируем полученные результаты:



а)

б)

Рис. 4. Полученные квадратурные составляющие:

- а) при частоте тактовых импульсов $83,33 \text{ кГц}$ и отклонении частоты на 1 кГц ;
- б) при частоте тактовых импульсов $83,33 \text{ кГц}$ и отклонении частоты на -1 кГц

Можно заметить, что при смещении частоты на 1 кГц влево и вправо сигнал на выходе одинаковый, однако на рисунке а) квадратурная составляющая опережает синфазную, а на рисунке б) квадратурная составляющая опаздывает на 90° по сравнению с синфазной.

Рассмотрим результаты на более высоких частотах:

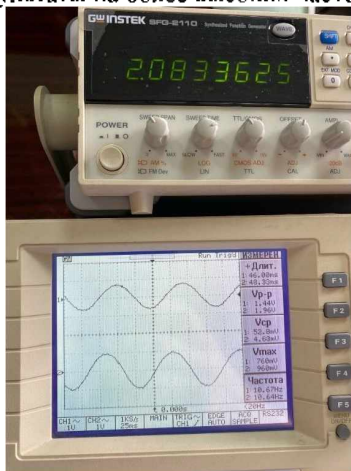


Рис.5. Полученные квадратурные составляющие при частоте входного сигнала $f = 2,0833625 \text{ МГц}$

5. Формирование прямоугольных импульсов с помощью I2C интерфейса на выходе синтезатора частоты SI5351

В качестве генератора импульсов будем использовать синтезатор частоты SI5153[5], управляемый через интерфейс I2C с той же платы Raspberry Pi Pico, так как он позволяет точнее и плавнее менять синтезируемую частоту импульсов.

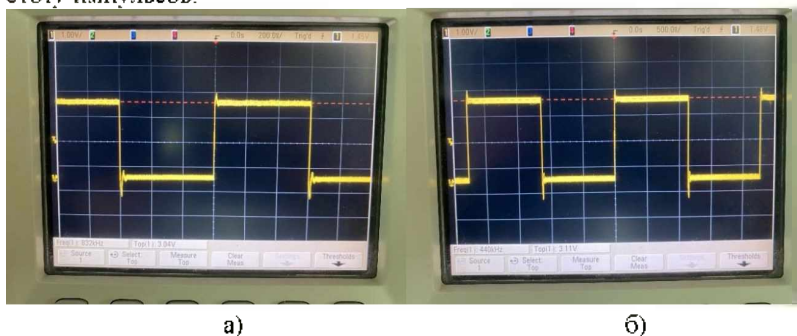
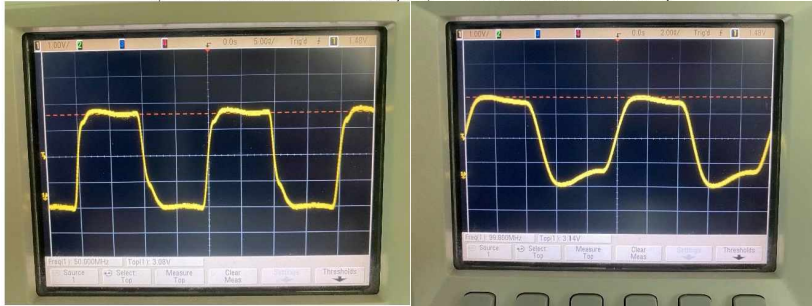


Рис. 6. Прямоугольные импульсы:

а) – с частотой 440 кГц; б) – с частотой 832 кГц



а)

б)

Рис. 7. Прямоугольные импульсы:

а) с частотой 50 МГц; б) с частотой 100 МГц



Рис.8. Прямоугольные импульсы с частотой 163 МГц

На данном этапе удалось синтезировать только такой диапазон частот. Для получения более низких частот необходимо использовать делитель SI_R_DIV_128. При повышении частоты наблюдаются заметные пульсации, затягивание фронтов и, что хуже, нестабильность частоты генерации.

Выводы

В ходе данной работы был создан и протестирован квадратурный преобразователь частоты, который сдвигает спектр сигнала на разностную частоту. По приведенным выше исследованиям можно сделать вывод, что разработанное устройство полноценно работает. Исходя из этого планируется выполнить данную схему на печатной плате, топология которой также сейчас в разработке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ultra Low Noise, High Performance, Zero IF Quadrature Product Detector and Preamplifier By Dan Tayloe.
2. Квадратурный сэмплирующий детектор по схеме детектора Тейло <https://eax.me/tayloe-detector/> (дата обращения: 10.04.2024)
3. RP2040 Datasheet
4. FST 3253 Datasheet
5. SI5153 Datasheet
6. *Марьев А. А.* Методы и устройства цифровой обработки сигналов. Цифровой анализ сигналов / А. А. Марьев. – Ростов-на-Дону - Таганрог: Южный федеральный университет, 2020. – 132 с.
7. *Федосов В. П.* Радиотехнические цепи и сигналы : Учебное пособие / В. П. Федосов. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2017. – 282 с.
8. *Цветков Ф.А., Терешков В.В.* Комплексные сигналы в радиотехнических устройствах передачи и приема информации: учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015.
9. *Гоноровский И. С.* Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов М.: Радио и связь, 1986.
10. *Маркович И.И.* Цифровая обработка сигналов в системах и устройствах – Ростов н/Д: Издательство ЮФУ, 2012.

Нагорный Владимир Александрович, студент Института Радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, телефон: +7 (8634) 37-16-32, email: nagornvi@sfedu.ru.

Белый Иван Сергеевич, студент Института Радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, телефон: +7 (8634) 37-16-32, email: ibelvi@sfedu.ru.

Nagornyi Vladimir Alexandrovich, student at the Institute of Radio Engineering Systems and Management of the Southern Federal University, phone: +7 (8634) 37-16-32, email: nagornyi@sfedu.ru.

Belyi Ivan Sergeevich, student at the Institute of Radio Engineering Systems and Management of the Southern Federal University, phone: +7 (8634) 37-16-32, email: ibelvi@sfedu.ru.